

ICS

中国城市轨道交通协会团体标准

T/ CAMETXXXXX—XXXX

中低速磁浮交通列车试验规范

Code for quality acceptance of lower/medium

maglev transportation engineering

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国城市轨道交通协会 发布

目次

前 言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本要求.....	1
4.1 总则.....	1
4.2 试验准备.....	1
5 试验分类.....	2
5.1 试验分类.....	2
5.2 例行试验.....	2
5.3 型式试验.....	2
5.4 研究性试验.....	2
6 试验环境及载荷状态.....	2
6.1 试验环境.....	2
6.2 载荷状态.....	3
7 牵引性能试验.....	3
7.1 启动加速度试验.....	3
7.2 电制动试验.....	3
7.3 牵引和制动能力试验.....	4
7.4 网压中断试验.....	4
7.5 电机方向试验.....	5
8 制动性能.....	5
8.1 保持制动试验.....	5
8.2 停放制动试验.....	5
8.3 静态制动性能试验.....	5
8.4 制动运行试验.....	6
9 风源和液压系统.....	7
9.1 总风缸气密性试验.....	7
9.2 整车压缩空气系统气密性.....	7
9.3 空压机供风能力试验.....	8
9.4 主、从空压机管理试验.....	8
9.5 其它压缩空气设备试验.....	8
9.6 整车液压系统密封性试验.....	9
9.7 液压泵电机启停试验.....	9
10 受流性能.....	9
10.1 受流性能试验.....	9

10.2	接地电路检查.....	10
11	网络控制试验.....	11
11.1	概述.....	11
11.2	基本功能试验.....	11
11.3	冗余功能试验.....	11
11.4	逻辑控制试验.....	12
11.5	故障诊断系统试验.....	12
11.6	乘客信息系统试验.....	13
11.7	网络重联控制功能试验.....	13
12	辅助电气设备.....	13
12.1	输入和输出检查.....	13
12.2	辅助电气设备和辅助电源通风冷却试验.....	14
12.3	蓄电池充电设备检查.....	14
13	安全与保护试验.....	15
13.1	工作条件和安全措施检查.....	15
13.2	安全设备试验.....	16
13.3	保护装置整定值检查.....	17
14	电磁兼容性(EMC)试验.....	17
14.1	整车对外辐射试验.....	17
14.2	静电放电抗扰度试验.....	18
14.3	内部电磁干扰试验.....	19
14.4	整车磁场试验.....	19
15	耐受电压试验.....	20
15.1	耐受电压试验.....	20
15.2	双重绝缘试验.....	21
16	悬浮性能试验.....	21
16.1	静态悬浮试验.....	21
16.2	动态悬浮试验.....	22
17	照度试验.....	22
17.1	前照灯照度测量.....	22
17.2	室内照度测量.....	22
18	空调试验.....	23
18.1	通风性能试验.....	23
18.2	空调性能试验.....	23
18.3	采暖性能试验.....	23
18.4	空调制冷运行试验.....	24
19	静置状态机械试验.....	24

19.1	限界检查.....	24
19.2	车钩检查.....	24
19.3	称重试验.....	25
19.4	车体和外部设备箱体密封试验.....	25
19.5	支撑轮动作试验.....	25
20	运行噪声试验.....	26
20.1	内部噪声测量.....	26
20.2	外部噪声测量.....	26
21	线路运行试验.....	26
21.1	运行平稳性试验.....	27
21.2	垂向滑橇拖行试验.....	27
21.3	曲线和坡度变化线路的运行试验.....	27
21.4	典型运行图检查.....	28
21.5	车载列控设备试验.....	28
22	故障运行和救援试验.....	28
22.1	故障运行能力试验.....	28
22.2	救援试验.....	29
23	试验报告.....	29
附录 A (规范性附录)中低速磁浮交通列车试验项目性质划分		30
附录 B(规范性附录)中低速磁浮交通列车评价指标		33

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国城市轨道交通协会提出。

本标准由中国城市轨道交通协会归口。

本标准起草单位：湖南磁浮交通发展股份有限公司、中车株洲电力机车有限公司、国防科学技术大学、株洲中车时代电气股份有限公司、北京控股磁悬浮技术发展有限公司、铁道科学研究院

本标准主要起草人：

中低速磁浮交通列车试验规范

1 范围

本标准规定了中低速磁浮交通列车（以下简称列车）落成后投入使用前的试验项目、内容及方法。

本标准适用于列车落成后投入使用前的试验及其结果的评价。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 5599 铁道车辆动力学性能评定和试验鉴定规范

GB/T 14894-2005 城市轨道交通车辆组装后的检查与试验规则

CJ/T 375-2011 中低速磁浮交通车辆通用技术条件

ISO 3095 铁路应用 声音学 轨道车辆外部噪声测量

ISO 3381 铁路应用 声音学 轨道车辆内部噪声测量

EN 50121-1 铁路设施-电磁兼容性-第1部分：总则

EN 50121-2 铁路设施-电磁兼容性-第2部分：整个铁路系统对外界的辐射

EN 45502-2-1-2003 《心脏起搏器——第2-1部分：带有心脏起搏器的特殊要求》

EN 50500 关于人体辐射的铁路环境中电子和电气装置产生的磁场等级测量程序

UIC 651 机车、动车、多单元列车和带司机室拖车的司机室布置

3 术语和定义

GB/T 14894-2005和CJ/T 375-2011界定的术语和定义适用于本文件。

4 基本要求

4.1 总则

在列车试验前，相关零部件及子系统的型式试验应完成。

提交试验的列车应完成各项调试工作，并通过出厂检验。

列车在制造厂无法完成的运行调试工作，试验前可以在用户线路上进行，但最高调试里程不宜超过5000km。

列车所采用的额定网压为DC1500V。

4.2 试验准备

列车试验前要进行各项试验准备，确认以下内容：

a) 试验项目；

b) 试验用设备应根据实验室认可和计量认证要求，进行试验仪器设备检定；

- c) 试验方法;
- d) 被试列车状态;
- e) 环境状态;
- f) 试验评定标准;

5 试验分类

5.1 试验分类

试验分为例行试验、型式试验和研究性试验。

各项试验的性质划分见附录A。

5.2 例行试验

例行试验是对批量生产的列车而进行的常规性试验。

例行试验应在所有交付的列车上进行。

例行试验测试的数据应与型式试验结果基本相同，可考虑一定的公差。例行试验可在最小载荷状态下进行，试验项目（参数）和试验方法可适当简化，并由供需双方商定。

试运行是列车最终交接前的静态和线路运行的例行试验，主要是整定列车相关参数，检查各系统功能是否正常，测试数据与型式试验结果是否基本相同。

5.3 型式试验

型式试验是对列车的基本参数、结构、性能等是否符合设计要求进行的试验。

当有下列情况之一时，应对列车进行型式试验：

- a) 新设计的列车;
- b) 结构或工艺有重大改变时;
- c) 当整车制造地点发生变化时;
- d) 任何需要增加的型式试验项目应经供需双方商定。

5.4 研究性试验

研究性试验是可选的特殊试验，目的是获得所需的相关数据。

研究性试验应确定具体的操作方法及试验项目，试验结果可作为今后列车改进、优化和运用的参考，不作为检验验收的依据和拒收列车的理由。

6 试验环境及载荷状态

6.1 试验环境

6.1.1 综述

试验应主要是在用户环境条件（除非另有规定）下进行。

试验计划应考虑到每项试验进行的地点及自然环境，且应包括：

- a) 静态；
- b) 动态；
- c) 季节性环境条件下的试验办法。如：雪、雨、风、沙尘及温度等。

6.1.2 静态试验

列车宜停放在平直线路上。

应具有必需的试验设备，确保试验持续进行。

6.1.3 动态试验

试验通常首先在试验线上进行，取得相关试验结果后，列车方可进行用户线路试验，或选择即将投入使用的线路上进行或在具有类似特点的线路上进行。

6.2 载荷状态

按本标准进行的检查和试验，应考虑如下所示的载荷状态：

——最小载荷状态（AW0）：列车自重，即空车载荷状态；

——额定载荷状态（AW2）：在合同中规定的作为性能试验的最大载荷，即列车自重与额定载客重量之和；

——最大载荷状态（AW3）：在合同规定的条件下列车可以安全运行的最大载荷，即列车自重与最大载客重量之和。

7 牵引性能试验

7.1 启动加速度试验

7.1.1 试验条件

载荷状态：AW2；

线路条件：符合正常运营的平直道。

7.1.2 试验方法

列车在最大牵引级位，由静止启动加速到规定速度。测量速度、时间、距离与其相对应的电流、电压、频率、功率和功率因数、谐波分量等。如受线路条件限制，加速试验可分多个速度段进行。同一速度段至少做两次。

如有要求，切除部分动力，重复上述试验。

7.1.3 试验评定

启动加速度、平均加速度和最高运营速度的剩余加速度应符合设计要求。（评价指标见表 B.1 1-1）

7.2 电制动试验

7.2.1 试验条件

载荷状态：AW2；

线路条件：符合正常运营的平直道。

7.2.2 试验方法

列车达到最高试验速度后，施加 100%常用制动，直至电制动力消失，同时测定速度、时间、车体纵向加速度及电气数据（电流、电压、频率和功率）。试验不少于 3 次。

7.2.3 试验评定

常用制动平均减速度、电制动与气制动转折点符合设计要求。（评价指标见表 B.1 1-2）

7.3 牵引和制动能力试验

7.3.1 试验条件

载荷状态：AW2。

7.3.2 试验方法

运行试验按照设计运营要求进行，连续运行 3h。

试验全程监测速度、网压、直线电机电流、直线电机电压、环境温度等参数，同时通过车载监控系统监测牵引系统和制动系统工作情况。

7.3.3 试验评定

试验期间列车不得出现由于温度限制而无法按照规定负载周期运行的现象。在列车运行或试验一定距离（用户线路一个往返），无温升报警。（评价指标见表 B.1 1-3）

7.4 网压中断试验

7.4.1 试验条件

载荷状态：AW2。

7.4.2 试验方法

网压中断试验应在用户和制造商同意的试验台上进行。在没有合适的试验台时，该试验可在线路试验中进行。

在线路中进行试验时，当列车分别在牵引和电制工况下运行时，网压切除（断电时间在 10ms 至 10s 范围）和重新供电，包含零电压保护装置在内的全部保护装置应在试验中必须动作。测试列车速度、主断路器状态、网压、网流、牵引变流器输入输出、辅助变流器输出等；观察司机显示屏相关信息。试验在以下各工况重复 3 次：

- a) 主电路最大电流时；
- b) 牵引变流器输出最高电压时；
- c) 最高运行速度时。

7.4.3 试验评定

网压中断时，列车牵引系统、辅助系统等不应发生故障和错误信息；网压恢复后，系统能重新正常工作。（评价指标见表 B.1 1-4）

7.5 电机方向试验

7.5.1 试验条件

线路条件：符合正常运营的平直道。

7.5.2 试验方法

推动方向手柄，牵引列车，观察列车运行方向是否与方向手柄发出指令一致。

7.5.3 试验评定

所有的直线电机的方向符合设计要求。列车运行方向与方向手柄发出指令一致。（评价指标见表 B.1 1-5）

8 制动性能

8.1 保持制动试验

8.1.1 试验条件

载荷状态：AW3。

8.1.2 试验方法

列车运行至规定线路最大坡道上施加保持制动。

8.1.3 试验评定

保持制动力应能满足磁浮列在规定线路最大坡道的停车要求。（评价指标见表 B.1 2-1）

8.2 停放制动试验

8.2.1 试验条件

载荷状态：AW3。

8.2.2 试验方法

列车运行至规定的坡道后，停车、落浮、缓解制动，依靠垂向滑橇静置在轨道上。

8.2.3 试验评定

停放制动力应能满足列车在规定线路最大坡道的停放要求。（评价指标见表 B.1 2-2）

8.3 静态制动性能试验

8.3.1 试验条件

载荷状态：AW0 和 AW3。

制动控制单元：工作状态正常，试验过程中不允许更换制动软件版本或参数修改。

8.3.2 试验方法

按 AW0 和 AW3 载荷分别进行试验：

在静态时测试各制动级位施加的制动缸压力及制动施加和缓解作用时间。

试验应至少包括最大常用制动位、快速制动位及紧急制动位。

8.3.3 试验评定

各制动级位施加的制动缸压力及制动施加和缓解作用时间应符合规定。(评价指标见表

B.1 2-3)

8.4 制动运行试验

8.4.1 试验条件

a) 制动闸片和 F 轨

制动闸片和 F 轨应经过适当磨合。

F 轨应平整光滑,无明显犁沟;闸片厚度在规定范围内,接触面积不应小于 80%,每次试验前制动闸片温度不应超过规定值。

试验过程中如需更换闸片,应换装同一批次闸片。

b) 列车

载荷状态:AW0 和 AW3。

制动控制单元:工作状态正常,试验过程中不允许更换制动软件版本。

c) 线路试验

线路条件:宜在干燥、平直、清洁线路上进行。

8.4.2 试验方法

运行试验应测试列车从一个规定的速度(包括最高运营速度)减速到零所需的距离。

试验应至少包括紧急制动、常用制动、快速制动。

常用制动、快速制动的混合制动和摩擦制动应分别进行。

试验应在列车所有系统处于正常运转状态时进行。如果合同规定,还应进行切除部分制动装置的试验。

列车在通过制动点(开始制动的位置)的标识之前,使车速接近试验的目标速度,切除牵引动力。在通过标识后,实施规定的制动方式。

试验时应记录制动初速度、列车瞬时速度、制动距离、制动时间、制动缸压力、空气簧压力等。

每次试验前应检查总风缸或蓄能器压力,确定其在下次测试开始之前能恢复到正常水平。

如果以上试验不能在一段完全水平的轨道上进行,所选轨道坡度应在 $\pm 4\%$ 以内。如果轨道水平状态或制动初速度 V 值有任何不符,应按式(1)修正:

$$L_1 = L \times \frac{3.92 \times (1 + R_0) \times V_0^2}{[3.92 \times (1 + R_0) \times V^2] \pm i \times L} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L_1 ——修正的停车制动距离，单位为米（m）；

L ——测得的停车制动距离，单位为米（m）；

V_0 ——目标初速度，单位为千米每小时（km/h）；

V ——实际制动初速度，单位为千米每小时（km/h）；

i ——试验地点坡度，“+”用于下坡，“-”用于上坡，用千分数（‰）表示；

R_0 ——转动惯量系数，取 0。

8.4.3 试验评定

制动距离应不大于相应速度等级的规定值。

制动过程中制动方式之间制动力的转换应平稳流畅，列车没有明显的冲动现象，且不应出现制动力不足。

制动中动力制动能力的利用应符合规定。

制动和缓解应平稳，不应产生明显的冲动现象，常用和快速制动的纵向冲动值应 $\leq 0.75\text{m/s}^3$ 。（评价指标见表 B.1 2-4）

9 风源和液压系统

9.1 总风缸气密性试验

9.1.1 试验条件

试验前空压机应连续运转至整列车的储风缸及相应管路达到规定压力的上限，干燥器工作状态正常。

9.1.2 试验方法

关闭总风出口塞门和停止主空压机工作情况下，测试在规定的时间内，总风缸压力下降值。

9.1.3 试验评定

在规定的时间内，总风缸压力下降值不应超过规定值。如没有规定具体数值，总风缸压力在 5min 内下降值不超过 20kPa。（评价指标见表 B.1 3-1）

9.2 整车压缩空气系统气密性

9.2.1 气密性试验条件

空压机：试验前应连续运转至整列车的储风缸及相应管路达到规定压力的上限，干燥器工作状态正常。

9.2.2 试验方法

在各种压缩空气设备压力工作的情况下，测试相关储风缸或管路在规定时间的压力下降值。

9.2.3 试验评定

储风缸或管路在规定时间的压力下降值应符合规定。如没有规定具体数值，储风缸或管路在 5min 内下降值不超过 10kPa。（评价指标见表 B.1 3-2）

9.3 空压机供风能力试验

9.3.1 试验条件

空压机：试验前应连续运转至整列车的储风缸及相应管路达到规定压力的上限，干燥器工作状态正常。

9.3.2 试验方法

关闭空压机，排尽列车内所有压力容器内的压力空气后，启动空压机，记录总风缸压力从零升至空压机停机的时间。

9.3.3 试验评定

总风缸压力从零升至空压机停机的时间应符合规定。如没有规定具体数值，时间应不大于 30min。（评价指标见表 B.1 3-3）

9.4 主、从空压机管理试验

9.4.1 试验条件

空压机：试验前应连续运转至整列车的储风缸及相应管路达到规定压力的上限，干燥器工作状态正常。

9.4.2 试验方法

排气使总风缸压力降至规定值使主空压机启动，停止排气，记录主空压机启动、停止时的压力。

排气使总风缸压力降至规定值使主、从空压机同时启动，记录从空压机启动、停止时的压力。

9.4.3 试验评定

总风缸压力从空压机启动至停机的压力值应符合规定。（评价指标见表 B.1 3-4）

9.5 其它压缩空气设备试验

9.5.1 试验条件

空压机：试验前应连续运转至整列车的储风缸及相应管路达到规定压力的上限，干燥器工作状态正常。

9.5.2 试验方法

测试压缩空气设备功能是否正常，设定值是否正确。例如：

- 安全和保护装置；
- 压力调节器；
- 排水阀；
- 压力传感器和压力开关；
- 空气干燥器。

9.5.3 试验评定

压缩空气设备功能正常，设定值符合规定。（评价指标见表 B.1 3-5）

9.6 整车液压系统密封性试验

9.6.1 试验条件

试验前液压泵应连续运转至整列车的蓄能器及相应管路达到规定压力的上限。

9.6.2 试验方法

在各种液压设备工作稳定的情况下，测试相关蓄能器或管路在规定时间的泄漏。

9.6.3 试验评定

在规定的时间内不得泄漏。如没有规定具体时间，在 10min 内不得泄漏。（评价指标见表 B.1 3-6）

9.7 液压泵电机启停试验

9.7.1 试验条件

试验前液压泵应连续运转至整列车的蓄能器及相应管路达到规定压力的上限。

9.7.2 试验方法

排油或通过反复制动-缓解使蓄能器压力降至规定值，使液压泵电机启动，停止排油或制动-缓解，记录电机启动、停止时的蓄能器压力。

9.7.3 试验评定

蓄能器压力从电机启动至停机的压力值应符合规定。（评价指标见表 B.1 3-7）。

10 受流性能

10.1 受流性能试验

10.1.1 试验条件

a) 受流器

受流器静态试验各项指标合格后，方可进行靴轨受流性能试验。

b) 试验线路和供电轨

供电轨应处于良好的运行状态，其设计速度应满足试验速度要求。

10.1.2 试验方法

a) 靴轨接触力电流

在被测受流器上安装电流传感器来测试电流。测试系统不应对所测结果造成影响，不影响受流器的运行性能。

b) 离线电弧

在列车上安装摄像机，测定电弧发生情况，记录不同车速运行状态下的数据，考核靴轨受流质量。

根据行车方向，摄像机应尽量安装在受流器的后部且靠近受流器的位置。

10.1.3 试验评定

a) 电流

列车应以最高运行速度在即将运行的线路上运行，检查受流性能。通过接触轨间隙时，对受流器的相关电气动作和机械动作进行检查。

受流器不允许出现缺陷，滑块无裂纹，无松动，无异常磨耗。

（评价指标见表 B.1 4-1）

b) 离线电弧

最大燃弧时间： $T_{\max} < 100\text{ms}$

列车运行过程中，受流器和第三轨能够保持接触，无垂向脱靴发生。

列车在运行过程中，不会发生受流器对安装支架的拉弧放电。

（评价指标见表 B.1 4-1）

10.2 接地电路检查

10.2.1 试验条件

载荷状态：AW0。

列车状态：静置、无悬浮且无外接电源。

10.2.2 试验方法

检测各连接线（包括用以固定各电路和列车上机械部分电位的电连接）的长度、接线端子所处的位置及接触面的大小是否与设计图纸相符。

测量车体与负极受流轨、DC110V负极汇流排与车体之间的接地电阻。

10.2.3 试验评定

所有软连接线应有合适的长度，保证车体与悬浮架产生最大相对位移时不会使导线产生不应有的应力。

车体与负极受流轨、DC110V负极汇流排与车体之间的接地电阻值不应大于 $0.05\ \Omega$ 。（评价指标见B.1 4-3）

11 网络控制试验

11.1 概述

本章规定的试验项目是基本的试验项目。具体试验与检查项目由供需双方商定。

11.2 基本功能试验

11.2.1 试验条件

列车状态：各项基本功能正常。

11.2.2 试验方法

a) 系统启动试验

列车控制系统启动后，检查各个电气子系统和列车网络管理系统的通信状态与其各个电气子系统设备实际状态。

b) 网络配置试验

系统成功启动后，通过操作列车驾驶方向、左右侧列车门、合/分主断路器、悬浮的起浮与降落等操作，验证网络设备配置及功能正确。

c) 基本牵引/制动/辅助控制功能检查

列车可以实施牵引、制动、辅助系统设备控制等。

d) 空调、照明等功能检查

通过对具体功能进行实际操作确认。

e) PIS、火灾报警等功能检查

通过对具体功能进行实际操作确认。

11.2.3 试验评定

系统启动后列车网络设备应能正常激活，车辆间通信正确建立；控制系统能够正确识别驾驶方向和左右侧等功能；牵引/制动/辅助控制基本功能正确；确认空调、PIS、悬浮、牵引制动、火灾报警等功能符合规定。（评价指标见表B.1 5-1）

11.3 冗余功能试验

11.3.1 试验条件

列车状态：各项基本功能正常，无故障网络设备。

11.3.2 试验方法

a) 关键节点冗余试验

将试验关键节点置于故障状态进行冗余验证。

b) 列车总线通道冗余试验

切断列车总线一个通道或同时切断两个通道进行试验。

c) 车辆总线通道冗余试验

切断车辆总线一个通道或同时切断两个通道进行试验。

d) 车辆总线上非网络管理器节点损坏对其余部件通信的影响

将被试节点置于故障状态进行试验。

e) 冗余设备双重故障试验

将两个或以上冗余节点（如一个网关和一个中央控制单元）同时置于故障状态进行试验。

11.3.3 试验评定

a) 对于关键节点冗余，主控节点发生故障，备用节点应能接替其工作，转换过程不应影响列车运行；备用节点故障，不应影响列车正常运行；

b) 对于列车总线通道冗余试验，任一通道故障，不应影响列车正常运行；双通道故障，列车应能够采取故障导向安全措施，如紧急制动、分主断等，但应能够维持列车运行；

c) 对于车辆总线通道冗余试验，任一通道故障，不应影响列车正常运行；双通道故障，列车应能够采取故障导向安全措施，如故障设备隔离、降级运行等，但应能够维持列车运行；

d) 对于车辆总线上非网络管理器节点故障试验，车辆总线上其余节点之间的通信应不受影响，列车应能够采取故障导向安全措施，如故障设备隔离、降级运行等，但应能够维持列车运行；

e) 对于冗余设备双重故障试验，不应影响列车运行。

(评价指标见表 B.1 5-2)。

11.4 逻辑控制试验

11.4.1 试验条件

列车状态：各项基本功能正常，无故障网络设备。

11.4.2 试验方法

在静止和运行状态下，分别检查以下项目：

a) 网络通信质量（如错帧率检查，线路电阻等）；

b) 从司机显示屏 HMI 上观察各个界面是否满足设计要求，界面包括但不限于：主界面、空调界面、乘客报站界面、事件信息界面及检修界面等；

c) 司机显示屏 HMI 应设计 I/O 输入输出指示界面，能正确的显示输入输出模块采集点与输出点的高低电平状态；

d) 其它与具体列车功能相关的控制逻辑。

11.4.3 试验评定

试验结果应符合规定，满足用户运营和使用要求。（评价指标见表 B.1 5-3）

11.5 故障诊断系统试验

11.5.1 试验条件

列车各项基本功能正常，无故障网络设备，显示屏功能正常。

11.5.2 试验方法

- a) 通过 PTU 软件或硬件元器件操作模拟出具体故障；
- b) 故障信息应包含：故障名称、故障原因、解决方法与操作建议，特别应明确某些故障工况下的紧急操作建议；
- c) 故障应区分等级，且按优先级高低进行显示；
- d) 故障信息应可被独立设备进行记录，并能将记录数据进行离线分析；
- e) 出现安全相关严重故障时，控制与诊断系统应具备导向安全的相关功能；
- f) 能通过 PTU 软件或其他工具检查各个系统自身记录的故障。

11.5.3 试验评定

试验结果应符合规定，满足用户运营和使用要求。（评价指标见表B.1 5-4）

11.6 乘客信息系统试验

11.6.1 试验条件

乘客信息系统工作正常。

11.6.2 试验方法

在静置和运行状态下，分别检查以下各系统：

- a) 广播系统。
- b) 多媒体信息显示系统。
- c) 视频监控系统。

11.6.3 试验评定

各系统功能应符合规定。（评价指标见表 B.1 5-5）

11.7 网络重联控制功能试验

11.7.1 试验条件

仅运营对列车设计提出重联的需求时，应满足网络重联控制功能试验要求。

两组列车按规定方式重联。

11.7.2 试验方法

两组列车重联工况下，进行重联有关的功能试验。

11.7.3 试验评定

重联性能应符合规定。（评价指标见表B.1 5-6）

12 辅助电气设备

12.1 输入和输出检查

12.1.1 试验条件

网压：额定电压 DC1500V（波动范围 DC1000V~1800V）。

12.1.2 试验方法

额定工况下，分别对辅助电气设备和辅助电源进行测试。

测量以下电气参数验证列车辅助电源和辅助电气设备系统性能，特殊情况下允许通过其他手段辅助判定。

- a) AC380V 电源、DC330V 电源输出电压；
- b) AC380V 电源、DC330V 电源输出电流；
- c) 一台压缩机电流；
- d) 一个空调机组电流；
- e) 一台充电机电流。

12.1.3 试验评定

辅助电源输出符合规定。

辅助电源设备和辅助机组能正常起动。

（评价指标见表B.1 6-1）

12.2 辅助电气设备和辅助电源通风冷却试验

当在试验台上进行辅助电气设备和辅助电源强制风冷试验时，如果没有使用与车上相同的通风机组和相同尺寸的风道，应在车上检查冷却风量是否符合设计值或规定值。如有被试验辅助设备静压力差和风量间的关系图表，则可测量辅助设备静压力差校核风量。

12.2.1 试验条件

列车状态：列车处于运行状态

12.2.2 试验方法

列车通电后，检查牵引逆变器、AC380V辅助电源、DC330V悬浮电源、悬浮控制器、空气压缩机冷却风扇转向的正确性，额定负载下运行1小时后，检查牵引逆变器、AC380V辅助电源、DC330V悬浮电源、悬浮控制器、空气压缩机强迫冷却空气的输入/输出温度。

12.2.3 试验评定

冷却风扇转向的正确，冷却空气的输入/输出温度符合设计规定。（评价指标见表B.1 6-2）

12.3 蓄电池充电设备检查

12.3.1 试验条件

载荷状态：AW3。

列车：静置状态。

12.3.2 试验方法

检测蓄电池电路以下参数：

- a) 最大充电电流；
- b) 最大电压；
- c) 浮充电压；
- d) 浮充电流；
- e) 放电电流；
- f) 放电时间。

蓄电池放电试验：蓄电池充电完毕；所有直流负载投入工作，关掉所有充电机，直至蓄电池欠压保护动作，记录蓄电池电压、电流及时间。

蓄电池充电试验：在蓄电池放电试验结束后进行充电试验。启动所有充电机，记录充电电压、电流及时间。

12.3.3 试验评定

充电机应有足够的充电能力而又不过充。

在列车的所有负荷条件下均可对蓄电池充电。当外部供电终止时，蓄电池可以在规定的时间内对规定的负荷供电。（评价指标见表B.6-4）

13 安全与保护试验

13.1 工作条件和安全措施检查

13.1.1 试验条件

列车状态：静置。。

13.1.2 试验方法

安全措施检查应至少包含：

对于易接近的机械部件：

- a) 可能触及通风机、尖锐的边缘等危险的机械部件以及旋转部件是否具备防护措施；
- b) 对于某些可能引起危险的进风口是否具备防护措施；

对于易接近的电气部件：

- a) 离固定的或移动的带电设备应是否留有足够的安全距离；
- b) 为预防任何意外触及带电零件设置的各种装置的潜在危险，对于不同的高压柜要求如下：

求如下：

- 1) 对于装有与外部供电电源（联挂车辆、车辆段外接电源）连接而可能带有高电位的电器柜，是否满足在开门时能先行切断电路或电路接地；
- 2) 对于装有车辆牵引设备的高压柜，是否具备安全装置（例如：能实现断开主接触器）
- c) 是否具备灭弧及防止电弧危害的装置；
- d) 电气设备或车辆中可能偶然带电的部件是否接地；
- e) 是否便于接近清洁和检测；
- f) 是否满足互换性，如果有特殊要求；

- g) 电容器是否有对人员不产生危险的放电时间，是否具备警告标识；
- h) 有高温伤害风险的外壳是否具备保护装置；
- i) 按合同要求提供的必备的警告信号，特别适用于过热，高电压状态或移动部件。

对于司机室及员工区域：

- a) 尺寸和布置是否具备对伤害的保护措施、出口和疏散通道、紧急情况设备。
- b) 前窗设备，包括刮雨器、除雾装置、除霜装置（如果有），的功能能否满足司机室视线的要求。
- c) 可视控制面板、设备（特别是照明设备）和指示灯在日光下和晚上是否都不会产生导致视觉疲劳的有害的直接或间接的反射。
- d) 操作装置和座椅的人机工程学设计是否已尽可能减小错误操作、由于不适引起的疲劳和疏忽操作导致的风险。
- e) 司机室布置需满足UIC 651的规定。

对于乘客区域：

- a) 根据合同要求检查是否具备了疏散设备，包括通道、疏散门、窗和相关设备。

对于救援装置：

- a) 根据合同要求检查是否具备了用于车辆救援的装置，包括通用或特殊的车钩。

13.1.3 试验评定

各项检查符合设计要求。（评价指标见表B.1 7-1）

13.2 安全设备试验

13.2.1 试验条件

列车状态：静置。

13.2.2 试验方法

应检查安装在车辆上的一般安全设备的动作正确性，例如下列装置（如有）：

- a) 自动紧急制动装置；
- b) 司机警惕装置；
- c) 驾驶安全装置；
- d) 车辆自动保护装置，或是等同的速度控制装置或车载信号装置；
- e) 速度表与事件记录仪；
- f) 火灾报警与灭火装置；
- g) 乘客紧急情况下使用的装置；
- h) 各子系统（例：制动、车门）的安全电路；
- i) 外部照明装置；
- j) 音响警告装置；
- k) 车体与悬浮架间的防脱开装置（例如，安全吊绳）。

1) 特殊的检查应由用户和制造商议定。

13.2.3 试验评定

各项检查符合设计要求。（评价指标见表 B.1 7-2）

13.3 保护装置整定值检查

13.3.1 试验条件

列车状态：静置。

13.3.2 试验方法

列车未通电前，使用万用表检查开关、断路器、熔断器等的整定值和二极管极性方向；给列车上电，检查各继电器等的整定值。

13.3.3 试验评定

各整定值正确、保护动作程序正确。（评价指标见表 B.1 7-3）

14 电磁兼容性(EMC) 试验

14.1 整车对外辐射试验

14.1.1 试验条件

试验场地应满足区分来自列车的射频骚扰和电磁环境噪声要求，试验场地应足够大，以便在规定距离处安放天线，并保证天线与列车之间的间隔。试验线应为平直道，沿试验线应无架空电力线，无树木、围墙、桥梁、隧道或其它轨道车辆。为了排除电磁环境噪声的影响，将记录试验开始前和结束后的电磁环境噪声。

14.1.2 试验方法

如果测试天线安装位置不能满足 EN 50121-2 规定的标准距离和高度，天线中心的高度可以参照地面而不是轨面，并使用等效 10m 值转换公式进行转换，其中 D 为列车和天线之间的倾斜距离。从天线位置看，列车应是可见的，而且应将天线轴抬高到直接指向列车。对于很高的高架线路，距轨道中心线的测量距离首选为 30 m。

测试的频率范围为 150kHz 至 1GHz，列车分静态和慢行两种状态进行试验：

- a) 静态试验工况，列车所有系统和设备处于正常工作状态，辅助逆变器应满负荷工作，牵引逆变器通电但不工作，列车处于静态悬浮。
- b) 慢行试验工况，列车速度范围为 (20 ± 5) km/h，当经过天线时列车应在给定的速度范围内且以大约其最大牵引力的 1/3 加速或减速。

14.1.3 试验评定

静态试验整车对外辐射骚扰值按图 1 的实线进行评定。

慢行试验整车对外辐射骚扰值按图 2 的 B 线进行评定。（评价指标见表 B.1 8-1）

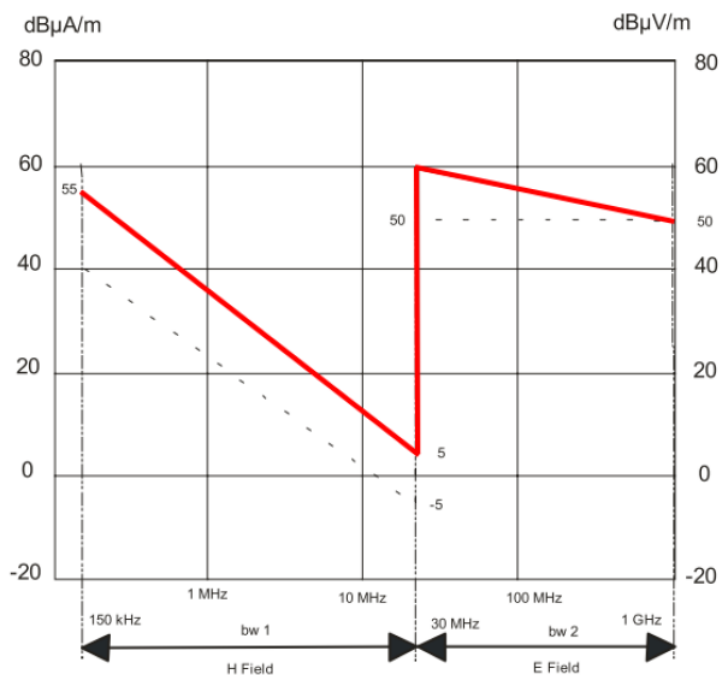


图1 静态试验整车对外辐射骚扰限值

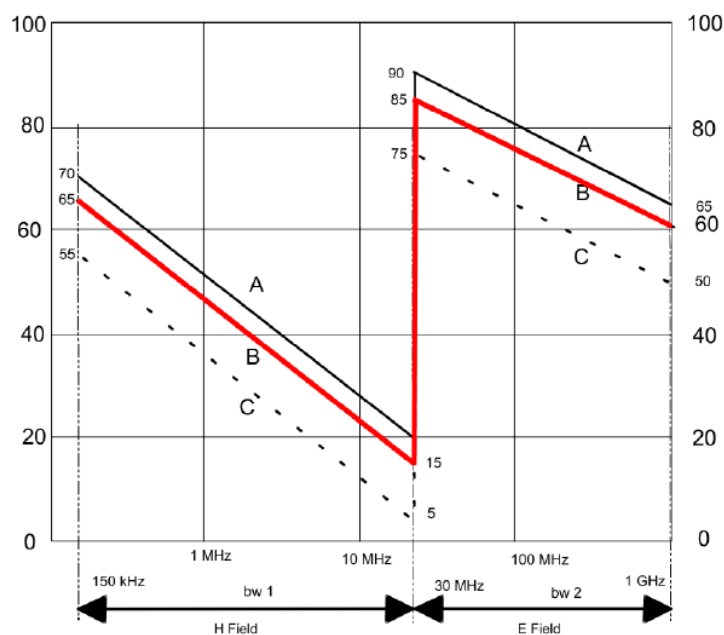


图2 慢行试验整车对外辐射骚扰限值

14.2 静电放电抗扰度试验

14.2.1 试验条件

列车状态:静置悬浮状态,主电路通电,车上所有的电气、电子控制装置均处于正常工作状态。

14.2.2 试验方法

使用静电放电发生器对列车在正常使用(不包括维护)时,乘客或司机能够触及的金

属部件和操作单元进行放电操作。试验所考虑的受试点可包括以下位置：

- a) 与地绝缘的金属外壳上的一些点；
- b) 司机室操纵台上的显示器、按钮、旋钮、手柄、照明开关、操作手柄、钥匙开关、螺钉等，以及其他人员易于接近的区域，如车门、柜门、扶手杆、客室显示屏等。

试验等级如下：

- a) 6kV 接触放电；
- b) 8kV 空气放电（仅适用于绝缘表面）。

观察各设备的工作状态。

14.2.3 试验评定

试验中及试验完成，列车所有控制装置应能正常工作，抗静电试验结果达到 EN 50121-1 中描述的 B 级性能判定标准要求。（评价指标见表 B.1 8-2）

14.3 内部电磁干扰试验

14.3.1 试验条件

列车状态：所有车载系统能正常工作。

14.3.2 试验方法

a) 列车处于静止状态，即列车主电路通电。车上所有的电气、电子控制装置均处于正常工作状态。

受流轨接通高压→列车激活→合主断，依次操作司机控制台上列车起浮、降落、内/外部照明、门控开关、空压机、空调等按钮各 5 次，每次操作间隔 10s，记录司机显示屏是否出现异常信息。

b) 受流轨接通高压，激活列车，合主断，列车起浮，操作牵引手柄，列车向前走一段距离，再施加制动停止，停止后落车、断主断、断激活、断高压。

如此循环进行 5 次。记录司机显示屏是否出现异常信息。

14.3.3 试验评定

列车上所有电气和电子控制装置，不应因接触器或继电器等的动作产生的电磁辐射或传导干扰而发生故障、误动作或出现其它异常情况；试验后设备能正常工作。（评价指标见表 B.1 8-3）

14.4 整车磁场试验

14.4.1 试验条件

列车状态：所有系统和设备处于正常工作状态，辅助逆变器应满负荷工作，牵引逆变器通电但不工作。

14.4.2 试验方法

测量司机室内部、客室内部、站台的静态磁场和交变磁场（0Hz 至 30kHz）。测点选择车内产生强磁场的设备上方（如逆变器、电抗器、直线电机、电磁铁等）。试验方法遵循 EN 50500 标准规定。分三种工况进行试验：

- a) 起浮降落工况，从列车静止开始起浮到稳定悬浮，再到降落状态，测三轴方向的合成磁场。
- b) 静态试验工况，列车悬浮静止，对持续时间30~60s三轴方向合成磁场进行测量。
- c) 运行工况，列车从静止状态启动，以最大加速度加速至最大运营速度，至少惰行10s，然后最大电制动至停止，测三轴方向的合成磁场。

14.4.3 试验评定

对直流静磁场而言，所有测点处的磁通量密度应满足 EN 45502-2-1-2003《心脏起搏器——第 2-1 部分：带有心脏起搏器的特殊要求》的要求，不能超过极限值 1mT。

对于低频磁场（0Hz~30kHz）而言，所有测点处的磁通量密度应《满足限制时变电场、磁场和电磁场暴露的导则（ICNIRP）》的要求，不能够超出表 1 中规定的限值。

表 1 时变电场和磁场暴露下适用于一般公众的电磁场限值

频率范围	电场强度 E (V m ⁻¹)	磁场强度 H (Am ⁻¹)	磁通密度 B (μT)	等效平面波功率密度 Seq (Wm ⁻²)
< 1 Hz	-	3.2×10 ⁴	4×10 ⁴	-
1 - 8 Hz	10 000	3.2×10 ⁴ /f ²	4×10 ⁴ /f ²	-
8 - 25 Hz	10 000	4 000/f	5 000/f	-
0.025 - 0.8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0.8 - 3 kHz	250/f	5	6.25	-
3-150kHz	87	5	6.25	-

注：f 为所指频率范围内的频率。

15 耐受电压试验

15.1 耐受电压试验

15.1.1 试验条件

列车状态：整车或者一节车。

15.1.2 试验方法

应分别对不同绝缘等级的电路进行绝缘检查和对地耐受电压试验，试验原则上应将其其他电路处于接地状态，必要时，为确保电路的所有部件连接在一起，接触器和开关装置应处于闭合或短路状态。为防止特殊部件因受电容和电感的影响出现异常的电压，应采取必

要的保护措施，对于易受损害的静止变流器和电子设备，在试验前应切除或短路，对于在此之前已在试验台上进行过绝缘强度试验并已合格的直线电机或其他设备，在整车的绝缘试验时也可将其切除。

试验电压值见表 2。

表2 耐压试验等级

电路电压等级 (V)	测试电压值(有效值 V)
DC 1500	5000
DC 750	3300
AC 380	2500
DC 330	2500
AC 220	1500
DC 110	1500
低于 DC 30	750

15.1.3 试验评定

试验应在各电路电缆对地加载持续 1min 的试验电压，应无闪络、击穿等绝缘破坏的情况。（评价指标见表 B.1 9-1）

15.2 双重绝缘试验

电气设备对车体为双重绝缘时，应按 15.1 的要求验证耐受电压。

16 悬浮性能试验

16.1 静态悬浮试验

16.1.1 试验条件

载荷状态：AW0、AW3。

线路条件：选取平直道、小半径平曲线、竖曲线、坡道和道岔等特征线路

16.1.2 试验方法

列车在平直道以及合同规定的最小半径平曲线、竖曲线、最大坡道和道岔等特征路段上进行起浮、降落和静态悬浮试验，列车起浮到静态稳定悬浮时间不应低于3min；

记录悬浮间隙、加速度、电流、电压等数值；

记录充电接触器和主接触器的动作状态以及支撑电容充电状态；

记录悬浮系统主电路输入电压；

悬浮电磁铁首次上电，检查所有电磁铁磁场方向。

16.1.3 试验评价

列车在特征路段上静浮，悬浮间隙、加速度、电流、电压等数值需符合设计要求。

主接触器和充电接触器动作正常，符合设计要求，支撑电容能正常充放电。

（评价指标见表B.1 10-1）

16.2 动态悬浮试验

16.2.1 试验条件

载荷状态：AW0、AW2、AW3；

16.2.2 试验方法

a) 通过最小半径曲线试验

列车分别以 AW0、AW2 和 AW3 载荷工况限速通过最小半径的曲线，并记录悬浮数据。

b) 通过最大竖曲线

列车分别以 AW0、AW2 和 AW3 载荷工况限速通过最大竖曲线，并记录悬浮数据。

c) 通过线路最大坡道上试验

列车分别以 AW0、AW2 和 AW3 载荷工况限速通过最大坡道，并记录悬浮数据。

d) 全线路试验

列车分别以 AW0、AW2 和 AW3 载荷工况，以线路正常运行速度通过整条线路，并记录悬浮数据。

16.2.3 试验评定

列车在上述线路动态试验，悬浮数据均应符合设计要求。（评价指标见表B.1 10-2）

17 照度试验

17.1 前照灯照度测量

17.1.1 测量条件

列车状态：静置状态，可短距离移动；

试验环境：在视觉清晰的天气情况下（没有其他照明）。

17.1.2 测量方法

a) 照射距离测量

试验采用目视法。观察者及观察对象符合相关要求。

试验时，将前照灯点亮10min后，司机室内的观察者能够确认被观察者或者白色标志板存在的最大距离即为列车前照灯装车后的照射距离。

b) 发光强度测量

列车停在平直线路路上，前照灯点亮10min后，测量发光面距照度计探头的距离。用距离的平方乘以照度得到前照灯的发光强度。

17.1.3 测量评定

列车前照灯的发光强度和照射距离应满足规定。（评价指标见表 B.1 11-1）

17.2 室内照度测量

17.2.1 测量条件

试验前将照明设备打开，至少工作15min以上；

背景照度不大于0.1 Lux。

17.2.2 测量方法

客室测点符合有关规定。

测量时每个测点连续读取3个数值，取其平均值作为该点的水平照度值。

17.2.3 测量评定

室内照度应满足规定要求。(评价指标见表B.1 11-2)

18 空调试验

18.1 通风性能试验

18.1.1 试验条件

列车状态：停放在符合气候条件的地点，外门关闭，车内各门应处于正常运用状态。

18.1.2 试验方法

根据试验工况开启车内空调新风、供风和排风设施，分别测量风量、风速、气压等数据。

18.1.3 试验评定

列车的新风量、回风量、供风量、微风速及应急通风应符合有关规定。(评价指标见表B.1 12-1)

18.2 空调性能试验

18.2.1 试验条件

列车状态：停放在符合气候条件的地点，外门关闭，车内各门应处于正常运用状态。

试验环境：客室内设置电加热器和加湿器模拟乘客热负载和阳光负载。

18.2.2 试验方法

按预冷、制冷和温度调节等工况，根据不同外温，设置电加热器和加湿器模拟乘客热负载和阳光负载，开启车内空调、通风设施，分别测量温度、湿度、微风速和车内制冷通风设备的耗电功率等数据。

18.2.3 试验评定

制冷性能应符合规定。(评价指标见表B.1 12-2)

18.3 采暖性能试验

18.3.1 试验条件

列车状态：停放在符合气候条件的地点，外门关闭，车内各门应处于正常运用状态。

18.3.2 试验方法

按预热、采暖和温度调节等工况，根据不同外温，开启采暖加热通风设施，分别测量温度和采暖加热通风设备的耗电功率等数据。

18.3.3 试验评定

采暖性能应符合规定。(评价指标见表 B.1 12-3)

18.4 空调制冷运行试验

18.4.1 试验条件

列车状态：停放在符合气候条件的地点。

试验环境：制冷试验时不载客，车内设置电加热器和加湿器模拟乘客热负载和阳光负载，外气温度为 $33^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $(65 \pm 10)\%$ ，特殊情况下可以超过上限值，但干球温度不应低于下限值。

18.4.2 试验方法

试验开始前车内与外部环境一致。

车内空调制冷通风装置置于制冷位，测试温度、湿度、微风速、风量以及模拟额定热负载消耗电功率等。

18.4.3 试验评定

车内温度、湿度、微风速、新风量应符合规定。(评价指标见表 B.1 12-4)

19 静置状态机械试验

19.1 限界检查

19.1.1 试验条件

载荷状态：AW0。

线路条件：平直道。

列车状态：正常工作，空气弹簧充气、悬浮状态，车体地板高度调整到距轨面设计值后进行。

19.1.2 试验方法

以不大于 5km/h 的速度通过限界检查器；

列车运行至限界检查器下方，停靠在轨面上。

19.1.3 试验评定

被试列车通过限界检查器和停靠（垂向滑橇磨耗应在最大限度以内）在轨面上时，任何部分(另有规定外)不应超越限界。(评价指标见表B.1 13-1)

19.2 车钩检查

19.2.1 试验条件

试验场地应保持通风、干燥、明亮、清洁。

19.2.2 试验方法

根据车钩布置及安装图纸要求检查各车车钩安装质量。

19.2.3 试验评定

车钩在规定的范围内应活动状态良好。

车钩装置的钩头连接、空气管路连接、钩头电气部件应连接可靠。

车钩安装位置正确，螺栓紧固到位，紧固防松标记合格，电缆不受挤压。（评价指标见表 B.1 13-2）

19.3 称重试验

19.3.1 试验条件

载荷状态：AW0。

列车状态：测量列车的重量所承受的垂向载荷，并应说明测量设备的精度。

19.3.2 试验方法

对列车空簧进行充气至正常工作状态，列车在前进、后退两个方向上各运行两次，以便尽量减少平衡不良和摩擦所产生的称重误差。

解开车端连接部件，并缓解制动装置。

列车停落在轨道上。在整个称重过程中，不应改变或调整列车的载荷状态，更不允许人为地采用冲击、摇动或其他方法改变车体和悬挂装置的状态。

称重应连续进行三次，测量值取在称重试验中所得数据的算术平均值。

19.3.3 测量评定

列车总重应符合要求及限定公差。（评价指标见表 B.1 13-3）

19.4 车体和外部设备箱体密封试验

19.4.1 试验条件

列车状态：保持正常应用整备状态，门、窗等应处于关闭状态。

19.4.2 试验方法

试验按 GB/T14894 中 5.11 执行。

19.4.3 试验评定

喷水试验结束后10min~20min内，检查车内各个部位，不应有渗漏。（评价指标见表 B.1 13-4）

19.5 支撑轮动作试验

19.5.1 试验条件

载荷状态：AW0、AW3。

列车状态：已完成整车调试，悬浮运行稳定正常；

线路条件：任意满足设计要求的线路路段，且长度满足列车停放。

19.5.2 试验方法

通过操作列车控制按钮实现支撑轮的施放和回收动作。

19.5.3 试验评定

支撑轮施放将列车支撑并抬升至稳定状态，其高度应符合设计要求。

（评价指标见表B.1 13-5）

20 运行噪声试验

20.1 内部噪声测量

20.1.1 试验条件

试验环境：满足 ISO 3381 中关于试验环境的要求。

线路条件：满足 ISO 3381 中关于轨道条件的要求。

列车状态：运行状态良好，处于 AWO 状态，门窗保持关闭。行驶过程中通常使用的辅助单元，如通风、制热、空调装置等，应在额定工作状态。

20.1.2 试验方法

测点布置满足 ISO 3381 中关于测点位置的要求。

测试过程满足 ISO 3381 中关于试验程序的要求。

20.1.3 试验评定

测量数值为 A 计权等效连续声压级 $L_{pAeq,T}$ ，取多次有效测量的算术评定值，评定值小于规定值。（评价指标见表 B.1 14-1）

20.2 外部噪声测量

20.2.1 试验条件

试验环境：满足 ISO 3095 中关于试验环境的要求。

线路条件：满足 ISO 3095 中关于轨道条件的要求。

列车状态：运行状态良好，处于 AWO 状态，门窗保持关闭。行驶过程中通常使用的辅助单元，如通风、制热、空调装置等，应在额定工作状态。

20.2.2 试验方法

测点布置满足 ISO 3095 中关于测点位置的要求。

测试过程满足 ISO 3095 中关于试验程序的要求。

20.2.3 试验评定

测量数值为 A 计权等效连续声压级 $L_{pAeq,T}$ ，取多次有效测量的算术评定值，评定值小于规定值。（评价指标见表 B.1 14-2）

21 线路运行试验

21.1 运行平稳性试验

21.1.1 试验条件

载荷状态：AW0 和 AW3

列车状态：已完成整车调试，悬浮运行稳定正常；

线路条件：运营线路或同等条件的线路上进行，且线路满足设计要求。线路应包含：直线、曲线、道岔等线路条件。

21.1.2 试验方法

按 GB/T 5599 的规定进行平稳性测量。

21.1.3 试验评定

平稳性指标满足 GB/T 5599 中客车运行平稳性 1 级，即列车运行的平稳性指标 W 不大于 2.5。（评价指标见表 B.1 15-1）

21.2 垂向滑橇拖行试验

21.2.1 试验条件

载荷状态：AW2。

列车状态：已完成整车调试，悬浮运行稳定正常。

线路条件：线路应为运营线路或同等条件的线路上进行，且线路满足设计要求。线路应包含：直线、曲线、道岔等线路条件。

21.2.2 试验方法

悬浮架单元同一模块（单侧）两个悬浮点不起浮，在 AW2 载荷下以 40km/h 速度拖行 40km，垂向滑橇磨耗不超过设计限值。

21.2.3 试验评定

垂向滑橇磨耗量小于 3mm。（评价指标见表 B.1 15-2）

21.3 曲线和坡度变化线路的运行试验

21.3.1 试验条件

载荷状态：AW0 和 AW3。

线路条件：允许通过的的最小半径曲线及最大坡道。

21.3.2 试验方法

在 AW0 和 AW3 载荷下，使列车按合同规定的速度通过规定的最小半径曲线及最大坡道。

检查跨接电缆、连接风管、车体设备与悬浮架设备间连接线和回流连接线的长度，列车运动不应受到限制或束缚。

装有自动车钩或半自动车钩的列车应能正常连挂工作。

检查列车中间滑台和端部滑台相对于车体的横向位移，应符合设计要求。

检查车体底架设备，不得与悬浮架及其附属设备(如导向机构等)干涉。

检查因操作不当或悬挂装置损坏(即空气弹簧泄气)时，车体(含安装设备)不与悬浮架及其附属设备干涉。

21.3.3 试验评定

列车顺利通过曲线，各部件活动自由，相邻部件不发生干涉。(评价指标见表 B.1 15-3)

21.4 典型运行图检查

21.4.1 试验条件

载荷状态：AW2；

线路条件：运营线路；

21.4.2 试验方法

在指定线路按照给定运行图运行，全程测量列车速度、运行时间，计算各区间运行时分、里程等参数。

21.4.3 试验评定

各区间和总里程的运行时间符合规定。(评价指标见表 B.1 15-5)

21.5 车载列控设备试验

21.5.1 试验条件

载荷状态：AW0。

线路条件：在运行控制系统设备工作正常的线路上试验。

21.5.2 试验方法

通过静态测试，确认车载列控设备工作状态。

按不同速度级通过指定区段，测试车载列控设备指令传输情况及列车响应。

21.5.3 试验评定

车载列控设备在规定速度下动作，对司机发出必须降低列车运行速度的警告，在司机未及时响应时自动施加制动直至紧急制动、非常制动。

列控系统触发紧急制动、非常制动时，自动切除动力，并在规定制动距离内停车。

除非确实发生超速，车载列控设备不应无故动作。(评价指标见表 B.1 15-6)

22 故障运行和救援试验

22.1 故障运行能力试验

22.1.1 试验条件

载荷状态：AW0、AW2 和 AW3。

模拟工况：牵引失效。

22.1.2 试验方法

一节车牵引失效，AW2 载荷时，适当降低列车运行速度，测试运行一个往返；AW3 载荷时，测试列车在线路最大坡道上启动，并运行至临近车站。

两节车牵引失效，AW0 载荷时，测试列车在线路最大坡道上启动，并运行至邻近车站。

22.1.3 试验评定

列车运行正常符合规定。

（评价指标见表 B.1 17-1）

22.2 救援试验

22.2.1 试验条件

载荷状态：救援车 AW0，模拟故障车 AW0 和 AW3。

模拟工况：牵引、悬浮失效。

22.2.2 试验方法

救援车与模拟故障车进行连挂（包括连接风管、电气等）。

模拟牵引系统全部失效、悬浮正常的工况，一列 AW0 载荷列车能够牵引一列故障状态 AW3 载荷列车在线路平坡道上启动运行并通过坡道。

模拟牵引系统全部失效、悬浮失效工况，施放模拟故障车的支撑轮，一列 AW0 载荷列车能够牵引一列故障状态 AW0 列车在线路平坡道上启动运行并通过坡道。

救援时，列车按规定限速运行。

22.2.3 试验评定

列车运行正常符合规定。（评价指标见表 B.1 17-2）

23 试验报告

试验报告应至少明确记载以下内容：

- a) 试验对象型号、编号和技术状态；
- b) 试验对象主要技术参数；
- c) 测量仪器的型号和测量分析时选用的参数；
- d) 试验数据的处理方法；
- e) 按试验工况列出试验测量结果和分析；
- f) 试验结论与建议；
- g) 试验单位、参加工作人员、试验日期、天气状态。

附录 A（规范性附录）

中低速磁浮交通列车试验项目性质划分

各项试验的性质划分及对应的条款见表 A.1。

表 A.1 试验项目一览表

序号	试验项目	条款	型式 试验	例行 试验	研究 性试 验
1	起动加速试验	7.1	●	●	
2	电制动试验	7.2	●		
3	牵引和制动能力试验	7.3	●	●	
4	网压中断试验	7.4	●		
5	电机方向试验	7.5		●	
6	保持制动试验	8.1	●		
7	停放制动试验	8.2	●		
8	静态制动性能试验	8.3	●	●	
9	制动运行试验	8.4	●	●	
10	总风缸气密性试验	9.1	●	●	
11	整车压缩空气系统气密性试验	9.2	●	●	
12	空压机供风能力试验	9.3	●	●	
13	主、从空压机管理试验	9.4		●	
14	其它压缩空气设备的试验	9.5		●	
15	整车液压系统密封性	9.6	●	●	
16	液压泵电机启停试验	9.7		●	
17	靴轨受流性能试验	10.2	●		
18	接地电路接线检查	10.3		●	
19	基本功能试验	11.1	●	●	
20	冗余功能试验	11.2	●	●	
21	逻辑控制试验	11.3	●	●	
22	故障诊断系统试验	11.4	●	●	
23	乘客信息系统试验	11.5	●	●	
24	网络重联控制功能试验	11.6	●	●	

表 A.1 (续)

序号	试验项目	条款	型式 试验	例行 试验	研究 性试 验
25	输入和输出功率检查	12.1	●	●	
26	辅助电气设备和辅助电源通风冷却试验	12.2	●	●	
27	蓄电池充电设备检查试验	12.3	●	●	
28	工作条件和安全措施检查试验	13.1		●	
29	安全设备检查试验	13.2		●	
30	保护装置整定值检查试验	13.4		●	
31	整车对外辐射试验	14.1	●		
32	静电放电抗扰度试验	14.2	●		
33	内部电磁干扰试验	14.3	●		
34	整车磁场试验	14.4	●		
35	耐受电压试验	15.1		●	
36	双重绝缘试验	15.2		●	
37	静态悬浮试验	16.1	●	●	
38	动态悬浮试验	16.2	●	●	
39	前照灯照度测量	17.1	●		
40	室内照度测量	17.2	●		
41	通风性能试验	18.1	●		
42	空调性能试验	18.2	●		
43	采暖性能试验	18.3	●		
44	空调制冷运行试验	18.4	●		
45	限界检查	19.1	●	●	
46	车钩检查	19.2		●	
47	称重试验	19.3	●		
48	车体和外部设备箱体密封试验	19.4	●	●	
49	支撑轮动作试验	19.5	●	●	
50	内部噪声测量试验	20.1	●		
51	外部噪声测量试验	20.2	●		
52	运行平稳性试验	21.1	●		

53	垂向滑橇拖行试验	21.2			●
----	----------	------	--	--	---

表 A. 1 (续)

序号	试验项目	条款	型式 试验	例行 试验	研究 性试 验
54	曲线和坡度变化线路的运行试验	21.3		●	
55	典型运行图检查	21.5	●		
56	车载列控设备试验	21.6	●	●	
57	故障运行能力试验	23.1	●		
58	救援试验	23.2	●		

附录 B

(规范性附录)

中低速磁浮交通列车评价指标

中低速磁浮交通列车主要评价指标对应条款号见表 B.1。

表 B.1 中低速磁浮交通列车主要评价指标

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
1 牵引性能				
1-1	起动加速试验	7.1	起动加速度、平均加速度和最高运营速度的剩余加速度	符合设计
1-2	电制动试验	7.2	制动平均减速度、电制动与气制动转折点	符合设计
1-3	牵引和制动能力试验	7.3	系统持续运行能力	试验期间列车不得出现由于温度限制而无法按照规定负载周期运行的现象，牵引逆变器、AC380V 电源、DC330V 电源无温升报警。
1-4	网压中断试验	7.4	牵引系统、辅助系统	网压中断时，系统不发生故障，网压恢复后系统能重新正常工作
1-5	电机方向试验	7.5	直线电机方向	所有的直线电机的方向符合设计要求。列车运行方向与方向手柄发出指令一致。

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
2 制动性能				
2-1	保持制动试验	8.1	整列车保持制动力	满足列车最大坡道停车的要求
2-2	停放制动试验	8.2	整列车停放制动力	满足列车最大坡道停放的要求

2-3	静态制动性能试验	8.2	各制动级位施加的制动缸压力及制动和缓解作用时间、制动安全环系统功能	符合设计
2-4	制动运行试验	8.4	干燥平直清洁轨道制动距离	符合设计

表 B.1 (续)

3 风源及液压系统				
3-1	总风缸气密性试验	9.1	总风缸压力下降值	在规定的时间内，总风缸压力下降值不应超过规定值；或不超过 20kPa/5min
3-2	整车压缩空气系统气密性试验	9.2	整车系统压力下降值	在规定的时间内，相关下降值不应超过规定值；或不超过 10kPa/5min
3-3	空压机供风能力试验	9.3	列车组初充风由 0kPa 升至停机压力的时间	符合设计
			总风安全阀动作压力值	符合设计
3-4	主、从空压机管理试验	9.4	主空压机启、停机的总风缸压力值	符合设计
			从空压机启、停机的总风缸压力值	符合设计
			主、从空压机安全阀动作压力值	符合设计
3-5	其它压缩空气设备试验	9.5	压缩空气设备功能	正常工作，设定值符合设计
3-6	整车液压系统密封性	9.6	整车系统泄漏量	在规定的时间内无泄漏；或 10min 内无泄漏。
3-7	液压泵电机启停试验	9.7	电机启、停机的蓄能器压力值	符合设计

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
4 受流性能				

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
4-1	受流性能试验	10.1	电流	受流器不允许出现缺陷，滑块无裂纹，无松动，无异常磨损。
			离线电弧	最大燃弧时间： $T_{max} < 100ms$ 。 列车运行过程中，受流器和第三轨能够保持接触，无垂向脱靴发生 列车在运行过程中，不会发生受流器对构架的拉弧放电
4-2	接地装置检查	10.2	接地电阻值	不大于 0.05Ω

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
5 网络控制试验				
5-1	基本功能试验	11.1	网络设备和控制基本功能	系统启动后车辆网络设备能正常激活，车辆间通信正确建立；控制系统能够正确识别驾驶方向和左右侧等功能；牵引/制动/辅助控制基本功能正确；确认空调、照明、撒沙、轮缘润滑、轴温报警、转向架监视报警、火灾报警等功能符合设计
5-2	冗余功能试验	11.2	冗余设置、故障转换	关键节点冗余：主控节点发生故障，备用节点应能接替其工作，转换过程不影响车辆继续运行。 备用节点故障：不影响车辆正常运行。 列车总线通道冗余：任一通道故障，不影响车辆正常运行；双通道故障，车辆能够采取故障导向安全措施，如紧急制动、分主断等，但至少能够维持车辆运行。 车辆总线通道冗余：任一通道故障，不影响车辆

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
				正常运行；双通道故障，车辆能够采取故障导向安全措施，如故障设备隔离、降级运行等，但至少能够维持车辆运行 车辆总线上非网络管理器节点故障：车辆总线上其余节点之间的通信不受影响，车辆能够采取故障导向安全措施，如故障设备隔离、降级运行等，但至少能够维持车辆运行 冗余设备双重故障：不影响车辆继续运营
5-3	逻辑控制试验	11.3	逻辑控制功能	除 5-1 节的基本功能外，网络控制系统其他逻辑控制功能符合设计。
5-4	故障诊断系统试验	11.4	故障诊断功能	自诊断功能能诊断出被模拟故障 能按紧急程度报警 故障信息应包含：故障名称、故障原因、解决方法与操作建议，特别应明确某些故障工况下的紧急操作建议 对面向司机或维修人员的故障权限情况符合设计要求。具备故障记录下载功能，能在地面进行故障数据分析。 严重情况下，列车具备实施紧急制动的故障导向安全功能 能通过诊断系统检查牵引、制动等系统或设备是否存在故障

表 B. 1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
5-4	故障诊断系统试验	11.4	故障诊断功能	<p>自诊断功能能诊断出被模拟故障</p> <p>能按紧急程度报警</p> <p>故障信息应包含：故障名称、故障原因、解决方法与操作建议，特别应明确某些故障工况下的紧急操作建议</p> <p>对面向司机或维修人员的故障权限情况符合设计</p> <p>具备故障记录下载功能，能在地面进行故障数据分析</p> <p>严重情况下，车辆具备实施紧急制动的故障导向安全功能</p> <p>能通过诊断系统检查牵引、制动等系统或设备是否存在故障</p>
5-5	乘客信息系统试验	11.5	乘客信息系统功能	各系统工作正常
5-6	网络重联控制功能试验	11.6	网络重联控制功能	各种重联组合下，从控车辆应能可靠接收到主控车辆的控制指令，并能将状态信息和故障报警及时可靠地传送到列车主控端

表 B. 1 (续)

6 辅助电气设备				
6-1	输入和输出功率检查	12.1	辅助电源装置输入输出电压电流	<p>辅助电源输入输出符合规定。在高、低网压下，</p> <p>辅助电源设备和辅助机组能正常起动作</p>

6-2	辅助电气设备和辅助电源通风冷却试验	12.2	防护罩电气设备和辅助电源冷却风扇转向和冷却空气的输入/输出温度	冷却风扇转向的正确，冷却空气的输入/输出温度符合设计规定
6-4	蓄电池充电设备检查	12.3	蓄电池充电设备检查	符合设计

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
7 安全与保护 (李笑严、曹芬, 已修订)				
7-1	工作条件和安全措施检查	13.1	工作条件和安全措施	符合设计要求
7-2	安全设备试验	13.2	安全装置	符合设计要求
7-3	保护装置整定值检查	13.3	各整定值和保护动作程序	符合设计要求

表 B.1 (续)

8 电磁兼容性				
8-1	整车对外辐射试验	14.1	骚扰测试结果	符合设计要求
8-2	静电放电抗扰度试验	14.2	静电放电抗扰度	试验中及试验完成后, 列车所有控制装置能正常工作
8-3	内部电磁干扰试验	14.3	内部电磁干扰	列车上所有电气、电子控制装置, 不得因接触器、继电器等的动作产生的电磁辐射或传导干扰而发生故障、误动作或出现其它异常情况; 试验后设备能按规定要求连续工作
8-3	整车磁场试验	14.4	整车磁场试验结果	符合设计要求

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
9 耐受电压试验				
9-1	耐受电压试验	15.1	耐受电压值	试验应在各电路电缆对地加载持续 1min 的试验电压, 应无闪络、击穿等绝缘破坏的情况。
9-2	双重绝缘试验	15.2	耐受电压值	耐受电压符合规定。

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
10 悬浮试验				
10-1	静态悬浮试验	16.1	列车在平直道、小半径平曲线、竖曲线、坡道和道岔等特征线路上的起浮能力及静浮特性	符合设计
10-1	动态悬浮试验	16.2	列车在不同载荷下, 线路限速条件下, 动态悬浮特性	符合设计

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
11 照度试验				
11-1	前照灯照度测量	17.1	前照灯的发光强度和照射距离	符合设计
11-2	室内照度测量	17.2	室内照度	符合设计

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
12 空调性能				
12-1	通风性能试验	18.1	客室内各测点微风速	微风速在 0.08~0.70m/s 之间
			新鲜空气量	新鲜空气量 $\geq 10\text{m}^3/\text{p. h}$
12-2	空调性能试验	18.2	制冷性能	外气计算温度 35℃, 相对湿度 65%时, 客室温度 22~28℃, 相对湿度 $\leq 65\%$
			车厢内温度均匀性	不超过 4℃
12-3	辆采暖性能试验	18.3	采暖性能	外气计算温度-2℃时, 客室内温度 $\geq 18\text{℃}$
			车厢内温度均匀性	不超过 4℃
12-4	空调制冷运行试验	18.4	新鲜空气量	新鲜空气量 $\geq 10\text{m}^3/\text{p. h}$
			车内平均相对湿度	$\leq 65\%$
			夏季客室平均温度	保持在 22~28℃
			车厢内温度均匀性	不超过 4℃

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
13 静置状态机械试验				
13-1	限界检查	19.1	车辆组装后轮廓线。	不超越限界。
13-2	车钩检查	19.2	车钩安装质量	符合设计
13-3	称重试验	19.3	列车整备总重	符合设计及限定公差

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
13-4	车体和外部设备箱体密封试验	19.4	水密性能	喷水试验结束后 10~20min 内, 检查车内各个部位, 不得有渗漏
13-5	支撑轮动作试验 ()	19.4	支撑轮支撑高度	支撑轮施放将支撑并抬升至稳定状态, 其高度应符合设计要求;

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
14 运行噪声试验				
14-1	内部噪声测量	20.1	各测点 A 计权等效连续声压级 $L_{pAeq,T}$ 的平均值	$\leq 75\text{dB (A)}$
14-2	外部噪声测量	20.2	各测点 A 计权等效连续声压级 $L_{pAeq,T}$ 的平均值	符合设计

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
15 线路运行试验				
15-1	运行平稳性试验	21.1	平稳性指标 W	列车运行的各种工况下 $W \leq 2.5$
15-2	垂向滑橇拖行试验	21.2	垂向滑橇磨耗高度	$< 3\text{mm}$
15-3	曲线和坡度变化线路的运行试验	21.3	通过曲线能力	顺利通过曲线, 各部件活动自由, 相邻部件不发生干涉。
15-4	典型运行图检查	21.4	各区间和总里程的运行时间	符合设计

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
15-5	车载列控设备试验	21.6	车载列控设备在规定速度下动作,对司机发出必须降低列车速度的警告,在司机未响应时	自动施加制动直至紧急制动、非常制动
			列控车载设备触发紧急制动时	自动切除动力,并在规定制动距离内停车
			列车未超速时	ATP 车载设备不得无故动作

表 B.1 (续)

序号	试验项目	条款	主要评价内容	评价指标
16 故障运行能力和救援试验				
16-1	故障运行试验	22.1	故障运行能力	运行正常符合规定。
16-1	救援试验	22.2	救援能力	运行正常符合规定。